

лась у всіх досліджуваних зразках: у свіжозібраному просі в 13,3 разу, після мікрохвильової обробки – у 3,2 разу, а після конвективного сушіння – у 2,9 разу.

Висновки

1. Обробка зерна МХ-полем та сушіння конвективним методом є ефективним способом не тільки зниження вологості до припустимої для тривалого зберігання зерна, але й підвищення його санітарної якості та стійкості, оскільки дозволяє значно знизити кількість мікроорганізмів.

2. Обробка конвективно-мікрохвильовим способом суттєво знижує життєдіяльність мікроорганізмів, затримує розвиток бактерій та навіть плісневих грибів і позитивно впливає на зберігання якості зерна.

3. При відповідній організації післязбиральної обробки зерна проса та зберіганні з вологістю до 12 % наявні на зерні мікроорганізми не розвиваються, що забезпечує тривале його зберігання.

Література

1. Смирнова, Т.А. Микробиология зерна и продуктов его переработки [Текст] / Т.А. Смирнова, Е.И. Кострова. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
2. Обработка и хранения зерна [Текст] / Пер. с немецкого А.М. Мазурницького. Под ред. и с предисл. А.Е. Юкшиа. – М.: Агропромиздат, 1985. – 320 с.
3. Станкевич, Г.М. Дослідження конвективного та конвективно-мікрохвильового сушіння дрібнонасіненних культур [Текст] / Г.М. Станкевич, Л.К. Овсянникова, О.Г. Соколовська // Вода в харчових продуктах і для харчових продуктів: всеук. науково-практ. конф., 16-17 травня 2013 р. : [тези] / редкол.: О.І. Черевко [та ін.]; Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. – Х.: ХДУХТ, 2013. – С. 97-98.
4. Станкевич, Г.М. Сушіння зерна [Текст] / Г.М. Станкевич, Т.В. Страхова, В.І. Атаназевич. – К.: Либідь, 1997. – 320 с.
5. ГОСТ 10444.15 – 88. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.
6. ГОСТ 10444.12 – 88. Продукты пищевые. Методы определения дрожжей и плесневых грибов.

УДК 66.011:[57.012.3:635.657]

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СЕМЯН НУТА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ

Дмитренко Л.Д., канд. техн. наук, доцент, Овсянникова Л.К., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Представлены результаты исследований влияния разных способов и режимов специальной обработки на изменение микроструктуры семян нута. Установлено, что изменение структуры зерна находится в тесной связи с характером распределения влаги в зерне, температурой обработки, а также, определяется способом специальной обработки.

The effect of different methods and regimes special treatment chickpea seeds on its microstructure. Changing the grain structure is closely related to the nature of the distribution of grain moisture, temperature and special processing method.

Ключевые слова: нут, микроструктура зерна, специальные способы обработки.

Постановка проблемы. Исследование микроструктуры зерна имеет большое теоретическое и практическое значение, в частности, для оптимизации режимов различных способов специальной обработки. На сегодняшний день наиболее хорошо изучена микроструктура зерна пшеницы и изменения, протекающие в ней под влиянием различных специальных способов обработки [1].

Недостаточность сведений в литературе о структуре нативного и обработанного зерна бобовых культур на молекулярном уровне послужила основанием для проведения нами данных исследований.

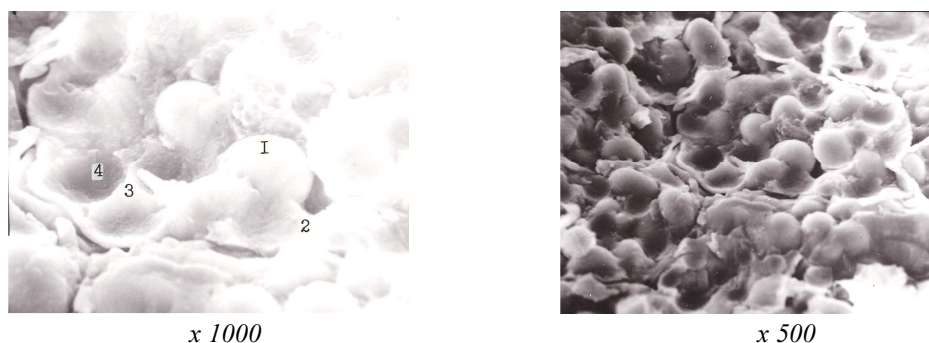
Цель работы: исследование изменений микроструктуры, а главным образом, крахмала и белка в процессе различной специальной обработки семян нута при разных режимах.

Объект исследования: нут кормовой сорта «Совхозный», выращенный в Одесской области.

Нами были проведены исследования микроструктуры сколов центральной части семян нута, подвергнутого различной специальной обработке.

Исследования проводили с помощью японского сканирующего микроскопа в московском институте Эволюции, экологии и морфологии животных им. И.К. Скрябина. Использование сканирующего микроскопа позволяет получить объемные (стереосканирующие) изображения интересующих участков зерна при высокой разрешающей способности и большом фокусном расстоянии.

Микрофотографии выполнены в двух увеличениях – в 500 и 1000 раз, они представлены на рис. 1–6.



*1 – крахмальные зерна, 2 – прикрепленный белок,
3 – клиновидная белковая матрица, 4 – воздушные полости*

Рис. 1 – Структура центральной части семядоли нута необработанного (нативного)

Результаты проведения. Как видно по рис. 1 микроструктура центральной части семядоли нута нативного представлена главным образом относительно толстостенными клетками, внутри которых овальные крахмальные зерна утоплены в белковую матрицу, которая удерживает их недостаточно прочно (при механическом воздействии на зерновку некоторые крахмальные гранулы выпали). Подобное строение наблюдается у гороха [2,6]. При этом плотность упаковки крахмальных гранул у нута ниже, чем у пшеницы или ячменя [1,3,4].

Белковая матрица представляет собой довольно мощный структурный клиновидный элемент (3), связанный не только с крахмальными зёрнами (1), но и с прикрепленным белком (2) (см. рис.1). Как в горохе и фасоли белок в нуте является тем структурным элементом, который определяет связь между клетками.

Наличие воздушных полостей (4) в семенах нута свидетельствует о недостаточно прочной связи между клетками.

На рис. 2–6 представлены микрофотографии сколов семян нута, подвергнутых различным способам обработки: рис. 2, рис. 3 – после поджаривания в течение 10 и 30 мин. семян с массовой долей влаги 9,8 и 56,0 % соответственно; рис. 4 – после микронизации при влажности семян $W=22,0\%$, высоте расположения источника инфракрасных лучей (ИКЛ) над продуктом $h=0,045$ м и продолжительности обработки $T=12,5$ мин.; рис. 5 и рис. 6 – после влаготепловой обработки (ВТО) при $P=0,2$ МПа в течение 10 мин при влажности семян 9,8 и 16,0 % соответственно.

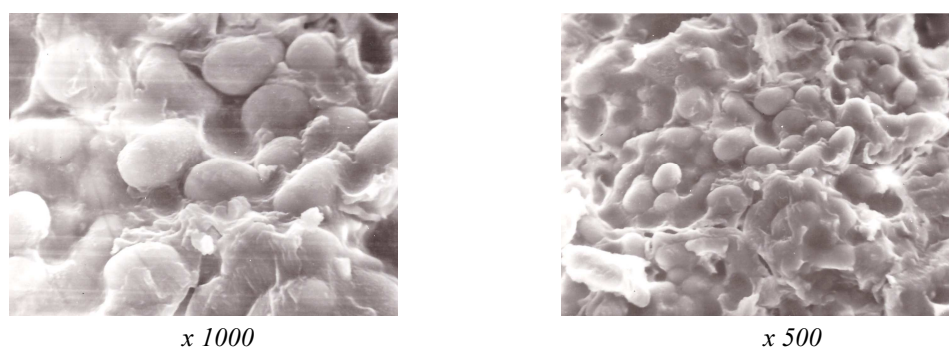
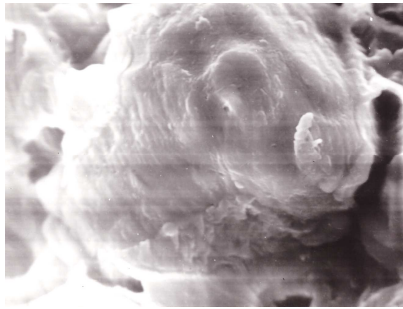
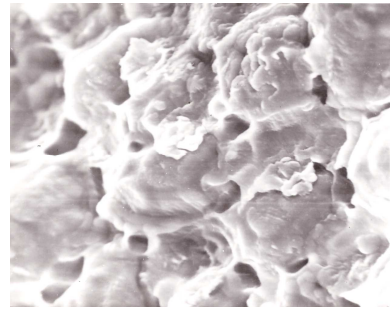


Рис. 2 – Структура центральной части семядоли нута после поджаривания при $T=140-160\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=10$ мин., $W=9,8\%$



x 1000



x 500

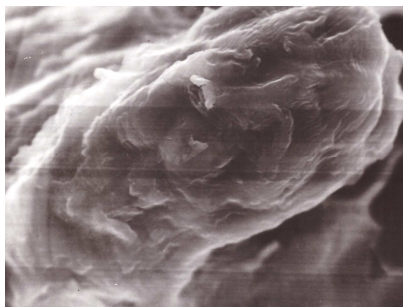
Рис. 3 – Структура центральной части семядоли нута после поджаривания при $T=140-160\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau=30\text{ мин.}$, $W=56,0\text{ \%}$

Рассмотрение приведенных фотографий позволяет сделать вывод о том, что микроструктура семян нута зависит от принятого способа, режима обработки и, особенно сильно – от влажности семян перед обработкой.

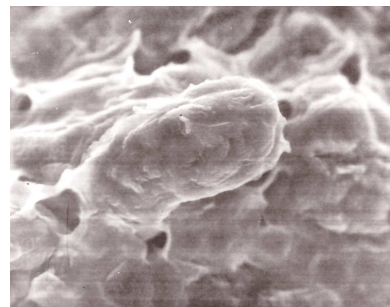
В сухом зерне биохимические процессы выражены слабо, влага активизирует их протекание. Образующийся при обработке семян перепад температур создает условия для термоградиентного переноса влаги. Возрастает набухание крахмала, которое при температуре $66...98\text{ }^{\circ}\text{C}$ достигает максимума, что вызывает клейстеризацию, носящую необратимый характер, за которой следует деструкция его структурных единиц (крахмальных гранул).

Параллельно с указанными выше изменениями под действием температуры начинается денатурация белка, изменяются его первоначальные свойства, так как в компактном теле глобулы белка происходят изменения пространственной организации полипептидных цепей. При поджаривании сухих семян нута ($W=9,8\text{ \%}$) в течение 10 мин при $T=140...160\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис.2) существенных изменений в структуре (по сравнению с исходной – см. рис.1) не наблюдалось, за исключением некоторого уменьшения размера крахмальных зерен и наличия большого количества воздушных полостей. Очевидно, эти изменения вызваны снижением влагосодержания в семенах нута в процессе обработки, в результате которого связи между крахмальными зернами и белком в клетках еще более ослабляются (на что указывает увеличение количества воздушных полостей).

Поджаривание семян нута при той же температуре в течение 30 мин, но при большей их влажности ($W=56,0\text{ \%}$) вызывает существенные изменения в структуре клеток. В результате интенсивного испарения влаги крахмальные зерна увеличиваются в размерах, приобретают вспученную, развернутую форму. Происходит «сплавление» крахмальных гранул, белок так же, расплавляясь, образует монолитную структуру (рис.3). Эти изменения аналогичны изменениям, происходящим в микроструктуре семян гороха, подвергнутых гидротермической обработке [2].



x 1000

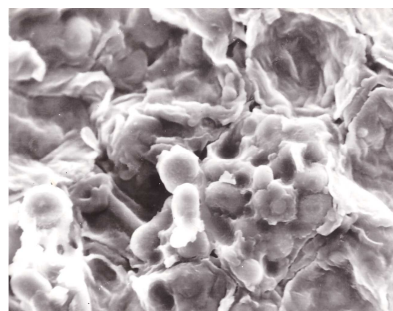


x 500

Рис. 4 – Структура центральной части семядоли нута после микронизации при $h=0,045\text{ м}$, $\tau=12,5\text{ мин.}$, $W=22,0\text{ \%}$

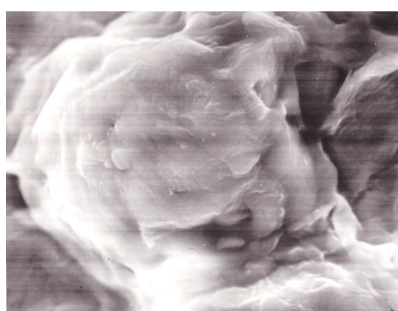


x 1000

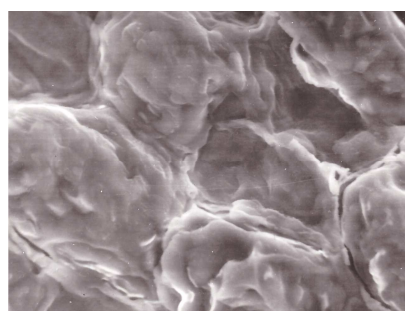


x 500

Рис. 5 – Структура центральної частини семядоли нута після ВТО при $P=0,2$ МПа, $\tau=10$ мин., $W=9,8$ %



x 1000



x 500

Рис. 6 – Структура центральної частини семядоли нута після ВТО при $P=0,2$ МПа, $\tau=10$ мин., $W=16,0$ %

На рис. 4 представлена мікрофотографія структури зерна нута, що пройшло мікронізацію при $W=22,0$ %, висоті розташування джерела ІКЛ над продуктом $h=0,045$ м в течение $T=12,5$ мин. На даному рисунку добре видно, що крохмальні зерна і білок клітки сплавився в єдине ціле. Клітка стала монолітною, по-видимому, за рахунок накоплення в ній низкомолекулярних фракцій речовин в'язкої консистенції (продуктів розкладання крохмала і білків), заповнюючих повітряні порожнечі і порожнини.

На рис.5 і рис.6 представлені мікрофотографії структури насіння нута з різною масовою долей вологи (9,8 і 16,0 %), підвергнутих ВТО при тиску пари $P=0,2$ МПа і тривалості обробки $T=10$ мин. Аналіз цих фотографій дозволяє зробити висновок про те, що характер змін мікроструктури пропареного нута аналогічний змінам в ній при піджариванні.

Обобщаючи результати даних досліджень можна заключити, що зміна структури зерна знаходиться в тісній зв'язі з характером розподілу вологи в зерні, температурою обробки, а також, визначається способом спеціальної обробки.

Вибір режиму спеціальної обробки необхідно проводити з урахуванням зміни рухомого рівноваги між вільною і зв'язаною вологою, супроводжуваного збільшенням температури, яка активізує діяльність ферментів і влечет за собою зміну всіх біохімічних властивостей зерна. При цьому глибина всіх вказаних вище змін залежить головним чином від зволоження зерна і температурних умов його обробки [5].

Висновки. Таким чином, на основі отриманих даних можна зробити наступне висновок: мікроструктура насіння нута залежить від прийнятого способу, режиму обробки і, особливо сильно – від вологості насіння перед обробкою.

Установлено, що в результаті застосування вологотеплових способів обробки нута між крохмальними гранулами, білком і іншими біополимерами насіння нута відбувається (як у гороха [2]) частична аутогезія і адгезія, що призводить до змін в мікроструктурі насіння. Причому, ці зміни тим значущіше, чим вище вміст вологи в зерні перед обробкою.

Література

1. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Журавлев Б.Ф. Технология и оборудование мукомольно-крупяного и комбикормового производства. – М.: Колос, 1979. – 368 с.
2. Микроструктурные изменения, происходящие в семенах гороха при гидротермической обработке / Е.М. Мельников, Т.А. Бильгаева; Иркутский гос. ун-т им. А.А. Жданова, Восточно-Сиб. технол. ин-т. – М., 1985. – С 8. – Деп. в ВИНТИ 2.04.85. – № 545 г-Д85.
3. Мухтарова М.Р., Ловачева Г.Н. Крахмал бобовых культур и его физико-химические свойства // Науч.-техн. реф. сб. / ЦНИИТЭИ Пищепром. Сер. Крахмало-паточная пром-сть. – 1972. – С. 41-47.
4. Орлов А.И., Афанасьев В.А. Влияние пропаривания и экструдирования на микроструктуру зерна ячменя // Тр. ВНИИ КП, 1984. – Вып. 25. – С. 67-72.
5. Ошкунис В. Комбикорм с плющеным зерном // Комбикормовая пром-сть. – 1991. – № 3. – С. 34.
6. Папков С.П., Фрайберг Э.З. Взаимодействие целлюлозы и целлюлозных материалов с водой. – М.: Химия, 1976. – 60 с.
7. Попова Е.П., Веселовская Т.И., Мантейфель Л.В. Особенности микроструктуры семян бобовых культур. – М.: 1985. – 19 с. – Деп. в ВИНТИ 7.06.85; № 56932-Д85.

УДК 664.72.047,54:005.591.6

УПРАВЛІННЯ ВНУТРІШНІМ ОПОРОМ ДИФУЗІЇ ВОЛОГИ**Гапонюк І.І., д-р техн. наук, професор****Національний університет харчових технологій, м. Київ****Гапонюк О.І., д-р техн. наук, професор****Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

Виділено ряд факторів впливу на енергію внутрішньої дифузії вологи капілярно-пористих колоїдних тіл, теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість управління ними, отримано математичне описання управління окремими факторами впливу на енергію внутрішньої дифузії вологи встановленими способами.

The row of factors of influence on energy of internal diffusion of moist of capillary porous colloid bodies is selected, in theory grounded and experimental management possibility is well-proven by them, mathematical description of management of influence on energy of internal diffusion of moisture separate factors is got by the set methods.

Ключові слова: зерно, волога, зневоднення, опір дифузії вологи, рушійний потенціал.

Із збільшенням швидкості конвективних способів зневоднення капілярно-пористих тіл зростають енерговитрати сушіння та втрати теплоти із відпрацьованими робочими газами. Втрати можуть перевищувати розрахунково-необхідні витрати зневоднення в 2,5...4,5 разів. Загальноприйнято ці додаткові витрати енергії сушіння зерна, які перевищують енергію фазових перетворень вологи в зневожуваних тілах, пов'язувати з опором внутрішньої дифузії вологи [2, 3, 5].

М.Ф. Казанський, методом індикатору, за допомогою ізотермічного калориметра, дослідним шляхом встановлено залежність приросту питомої теплоти випаровування вологи Δr від вологовмісту капілярно шпаруватого матеріалу [3]. При визначенні показника Δr М.Ф.Казанський використовував відоме рівняння Гіббса-Гельмгольца:

$$\Delta I = \Delta F + T \cdot \Delta S, \quad (1)$$

де ΔI – тепловий ефект зв'язування води, або інакше: $\Delta I = \Delta r = r_u - r$, де r_u і r – теплота випаровування вологи із тіла при вологовмісті u та із відкритої поверхні; ΔF – вільна енергія зв'язку; ΔS – ентропія зв'язку вологи.

Метод В.М. Казанського був застосований також науковцями НУХТ і ОНАХТ для встановлення кількісної характеристики опору внутрішньокапілярної дифузії й отримання залежності енергії зв'язку вологи із зневожуваним тілом.

Залежно від вмісту та умов перебування в зернині, фізико-механічна волога може перебувати в рідкому, комбінованому та газоподібному стані. В капілярах волога утримується силами капілярного потенціалу [1–3]. Для змочуваних рідин, таких як вода, капілярний потенціал є від'ємним.